

PEMBUATAN DIAGRAM ALIR INSTRUMENTASI DAN PEMIPAAN UNTAI UJI SISTEM KENDALI REAKTOR RISET

Tukiman, Puji Santoso, Suwardiyono, M.Awaludin, Edi Purwanta
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir-BATAN
Kawasan Puspipstek Gd.71, Lt.2 Serpong

ABSTRAK

PEMBUATAN DIAGRAM ALIR INSTRUMENTASI DAN PEMIPAAN UNTAI UJI SISTEM KENDALI REAKTOR RISET .Telah dilakukan pembuatan diagram alir sistem instrumentasi dan pemipaan untai uji sistem kendali reaktor riset. Tujuan dari pembuatan diagram alir adalah untuk mempelajari proses pendinginan primer dan sekunder sebuah reaktor riset. Dasar pembuatan dari sistem instrumentasi dan pemipaan ini adalah requirement sistem pendingin primer dan sekunder reaktor riset GA.Siwabesy. Laju alir air pendingin primer 431 liter/jam pada alat penukar panas, suhu air pendingin keluar 42°C dan suhu air masuk 40°C. Air pendingin sekunder diambil dari cooling tower dengan laju alir 172 liter/jam. dengan suhu air pendingin yang keluar dari cooling tower 37°C dan suhu air masuk 32°C.Pipa yang digunakan adalah jenis baja tahan karat austenit dengan komposisi nominal 18%Cr-8%Ni. Dalam standar ASME B31.1 disebut dengan pipa A 376/TP 304, atau SS 304. Diameter pipa 1 inch, schedule 40S. Untuk pengaturan aliran digunakan beberapa jenis valve : Gate valve, Buterfly valve, selenoid valve , check valve, yang dikendalikan dengan sistem kontrol secara elektrik maupun manual. Dari rancangan ini dihasilkan gambar diagram alir instrumentasi dan pemipaan atau yang sering disebut Piping & Instrumentasi Diagram

Kata kunci : PID, Sistem Instrumentasi dan pemipaan, valve dan pengaturan aliran.

ABSTRACT

A CONSTRUCTION OF INSTRUMENTATION FLOWCHART AND PIPING SYSTEM FOR TEST CIRCUIT OF RESEARCH REACTOR SYSTEM. A construction of instrumentation flowchart and piping system for test circuit of research reactor system has been conducted. The aim of the construction is to study the cooling process of primary and secondary cooling system of nuclear research reactor. Basic construction of this work is the requirement of primary and secondary cooling system of research reactor G.A. Siwabesy. The primary cooling water flow rate is 431 liter/hour at the heat exchanger, with outlet and inlet water temperature are 42oC and 41oC respectively. The secondary cooling water is taken fro, the cooling tower having flow rate 172 liter/hour, with outlet and inlet water temperature are 37oC and 32oC respectively. Austenit stainless steel pipe is used with the nominal composition of 18% Cr-8% Ni.B31.1 standard it is called A376/TP304 or SS 304. The pipe diameter is 1 inch, schedule 40S. Some types of valves are used to control the flow: gate valve, butterfly valve, solenoid valve, and check valve that are controlled using electric and manual method. From this design, the flowchart of instrumentation and piping is produced and usually called piping and instrumentation diagram.

Keywords: PID, instrumentation and piping systems, valves and flow settings

1. PENDAHULUAN

Pembuatan diagram alir instrumentasi dan pemipaan untai uji sistem kendali reaktor riset mengacu pada reaktor riset RSG GAS. Pada rancangan ini, daya reaktor diasumsikan dengan daya diperkecil menjadi skala laboratorium dengan daya 1 kW. Sistem Instrumentasi dan pemipaan untai uji kendali reaktor riset akan dibuat menyerupai kondisi sistem operasi dari sistem pendingin utama reaktor riset RSG-GAS 30 MW,

dengan tujuan mendapatkan dokumen desain *Piping Instrumentasi Diagram* untuk mempelajari proses pendinginan primer dan sekunder sebuah reaktor riset.

Pendingin reaktor terbagi menjadi dua bagian yaitu pendingin primer dan pendingin sekunder. Fungsi sistem pendingin primer dan pendingin sekunder adalah untuk menjamin suhu di dalam teras dan reflektor sesuai batas uji yang diijinkan. Selama reaktor beroperasi normal sampai daya *thermal desain*. Kolam reaktor dan semua sistem yang terhubung ke kolam reaktor diisi dengan air bebas mineral. Selama reaktor beroperasi pada daya tinggi, panas yang dibebaskan di dalam teras dan sekitar reflektor diambil oleh sistem pendingin primer yang mengalir ke bawah melewati teras dan reflektor. Sistem pendingin primer didinginkan di dalam penukar panas dimana panas dipindahkan ke rangkaian sistem pendingin sekunder kemudian dibuang ke atmosfer melalui menara pendingin beraliran udara paksa.

Sistem pendingin sekunder yang berupa rangkaian terbuka menyediakan air dingin untuk penukar panas primer dan membuang panas yang ada didalam sistem primer ke atmosfer melalui modul menara pendingin dengan cara penguapan. Data desain sistem pendingin primer RSG Gas 30 MW adalah sebagai berikut : Jumlah laju aliran air pendingin 860 Kg/detik. yang terbagi menjadi dua aliran^[1]. Bila dijadikan kg/jam menjadi 3.096.000 kg/jam. Pada rancangan Untai uji Reaktor riset ini, aliran pendingin primer diturunkan menjadi 431 liter/jam. Begitu juga dengan laju aliran pendingin sekunder diturunkan menjadi 172 liter/jam. dengan daya reaktor diperkecil menjadi 1 kW.

Pada tulisan ini dibatasi pada masalah tahapan dasar pembuatan diagram alir pemipaan dan instrumentasi yang dititikberatkan pada penggambaran susunan peralatan proses, ukuran pipa, instrumentasi dan kendali yang digunakan pada untai uji sistem kendali reaktor riset. Hasil yang diharapkan dari tulisan ini adalah dapat menyusun diagram alir sistem instrumentasi dan pemipaan dari sebuah miniatur reaktor riset yang dibuat dengan daya di asumsikan sebesar 1 kW.

2. DASAR TEORI

Diagram alir instrumentasi dan pemipaan atau yang sering disebut Diagram alir Instrumentasi dan pemipaan disingkat DAIP dapat diartikan sebagai sebuah diagram atau alur untuk menjelaskan suatu konsep perancangan yang menggambarkan aliran proses dari suatu proses unit produksi yang akan dibangun, dioperasikan atau dimodifikasi. Secara garis besar dalam suatu pembuatan DAIP adalah informasi yang tercantum yang berkaitan dengan suatu proses, pemipaan, kelistrikan dan pengendalian^[2].

Sebuah diagram alir instrumentasi dan pemipaan menjelaskan secara rinci tentang diagram alir dari suatu proses, peralatan proses yang digunakan, cara pengendalian, sistem pemipaan yang meliputi ukuran, material pipa, *fitting* sambungan, isolasi dan pengecatan, flange dan katup –katup (*valve*) yang terpasang.

Penggambaran Diagram alir Instrumentasi dan pemipaan berupa gambar simbol – simbol peralatan yang dirangkai menjadi suatu gambar diagram alir yang dihubungkan satu dengan yang lainnya dengan garis tunggal. Simbol-simbol yang terdapat dalam Diagram alir Instrumentasi dan pemipaan harus mewakili peralatan-peralatan yang terpasang dalam suatu instalasi atau plant.

3.TATA KERJA

Sebelum masuk pada pembuatan diagram alir instrumentasi dan pemipaan, harus dibuat standar gambar dan simbol-simbol yang akan digunakan dalam membuat diagram

alir instrumentasi dan pemipaan yang meliputi simbol simbol untuk katup (*valve*), sambungan antar pipa (*piping and connection symbols*), simbol *instrumentasi*, dan simbol peralatan ^[2]. seperti terlihat pada gambar berikut ini.

STANDARD DRAWING SYMBOL			
VALVE SYMBOLS	INSTRUMENTATION SYMBOLS	INSTRUMENTATION SYMBOLS	EQUIPMENT SYMBOLS
- GATE VALVE, HAND OPERATED - GLOBE VALVE - PLUG OR COCK VALVE - CHECK VALVE - BUTTERFLY VALVE - CONTROL VALVE - SOLENOID VALVE - MOTOR OPERATED VALVE - PISTON OPERATED VALVE - ANGLE VALVE/SAFETY - RELIEF VALVE 	- TEMPERATURE INDICATOR - TEMPERATURE TRANSMITTER - TEMPERATURE RECORDER - TEMPERATURE CONTROLLER - LEVEL INDICATOR - LEVEL TRANSMITTER - LEVEL RECORDER - LEVEL CONTROLLER - FLOW INDICATOR - FLOW TRANSMITTER - FLOW RECORDER - FLOW CONTROLLER - PRESSURE INDICATOR - PRESSURE TRANSMITTER - PRESSURE RECORDER - PRESSURE CONTROLLER	- FLOW ELEMENT - TEMPERATURE ELEMENT - LEVEL GAUGE - ANALYZER TRANSMITTER - LEVEL ALARM - PRESSURE RECORDER CONTROLLER - PRESSURE INDICATOR CONTROLLER - TRANSDUCER LOCATION ON THE MAIN CONTROL PANEL - DISTINCT ELEMENTS - SHARED DISPLAY SHARED CONTROL IN DCS - COMPUTER LOGIC FUNCTION - PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL MOUNTED IN THE FIELD - DISTINCT ELEMENTS - SHARED DISPLAY SHARED CONTROL IN DCS - COMPUTER LOGIC FUNCTION - PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL/PLC	- CENTRIFUGAL PUMP TYPE - VERTICAL PUMP - HORIZONTAL PUMP - HEAT EXCHANGER - COOLING TOWER - ELECTRIC HEATER PIPING SYMBOLS - PIPING - STRAINER - FLANGE - REDUCER ECCENTRIC - REDUCER CONCENTRIC - TEE - CUP

Gambar 1. Simbol gambar katup, piping, instrumentasi dan peralatan.

Urutan penggambarannya terdiri dari :

a. Line symbol

Line symbol digunakan untuk menggambarkan hubungan antara unit-unit yang berbeda dalam sistem yang dikontrol, serta signal yang digunakan dalam sistem instrumentasinya, misal : sistem kontrol dengan sinyal listrik, pneumatik, hidrolic dan lain-lain.

b. Simbol dan ukuran pipa

Simbol dan ukuran pipa adalah garis tunggal dengan ketebalan tertentu yang dalam penggambarannya adalah suatu garis yang menghubungkan dari peralatan satu ke peralatan yang lain, dimana pipa mengalirkan fluida yang diidentifikasi dengan menggunakan kode angka huruf abjad. Misalnya 8"-N-SS-N. Tulisan tersebut dapat diartikan huruf /angka ke 1 adalah menyatakan ukuran diameter pipa, Angka/huruf ke dua menyatakan jenis fluida yang dialirkan, huruf ke 3, material pipa yang digunakan misal Stenliss steel, dan huruf ke 4, adalah menyatakan isolasi yang digunakan.

Diskripsi Proses Penggambaran.

Penggambaran peralatan proses dimulai sebagai berikut :

- Teras reaktor, menuju ke pompa pendingin primer, dari pompa pendingin primer aliran menuju ke penukar panas yang terbagi menjadi dua aliran, dari penukar panas kembali lagi ke teras reaktor.

- b. Bak penampung air bebas mineral menuju ke pompa pendingin sekunder, dari pompa pendingin sekunder ke penukar panas menuju ke cooling tower dan kembali ke bak penampung air.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses kerja untai uji reaktor riset merupakan miniatur untuk mempelajari proses pendinginan primer dan sekunder sebuah reaktor, sehingga sistem pemipaan yang digunakan harus sesuai dengan karakteristik reaktor yang sebenarnya. Sebelum menentukan material pipa, diasumsikan dahulu, bahwa kapasitas untai uji kendali reaktor riset dengan daya 1 kW, dari kapasitas ini didapat bahwa kapasitas untai uji sebesar 431 liter/jam. Dengan perbedaan suhu antara suhu masuk dan keluar ke penukar panas sistem pendingin primer sebesar 2° C, suhu tangki simulasi reaktor adalah 42°C, sesuai dengan kondisi reaktor yang diacu. Media pendingin reaktor adalah air dengan suhu 37°C setelah keluar dari penukar panas^[3].

Peralatan proses utama dari untai uji reaktor riset adalah : Tangki simulasi reaktor, Pompa pendingin primer, penukar panas, pompa pendingin sekunder, *cooling tower* dan bak penampung air. Sistem pemipaan pada untai uji kendali reaktor riset dilengkapi dengan *valve* pengaturan dan *valve* pengaman yang dioperasikan secara otomatis ataupun dengan cara *konvensional*. *Valve* isolasi tipe *butterfly flaps* kode V-1001A,B dan V-1021A,B dipasang pada sisi *inlet* pendingin primer, digerakkan dengan *reduction gear* motor juga dapat digerakkan secara *manual*. *Selenoid valve* kode V-1003A,B,C dipasang pada sisi isap pompa primer digerakkan secara *elektrik*. *Solenoid valve* kode V-1004A,B,C dipasang pada sisi tekan pompa *primer*, demikian juga pada pompa pendingin sekunder juga dilengkapi dengan *valve* dengan tipe yang sama seperti pada bagian pompa pendingin primer, karena tata letak pompa dengan model *typical*. *Solenoid valve* kode V-1005A dipasang pada tangki simulasi reaktor kode T-1005A, sedangkan *Gate valve* kode V-1006-7 dipasang pada sisi pendingin primer sebagai *valve* untuk pembuangan, pada penukar panas dipasang *solenoid valve* yang dikontrol secara otomatis. Berikut ini adalah tabel peralatan sistem untai uji kendali reaktor riset daya 1 kW.

Tabel 1. Peralatan sistem untai uji kendali reaktor riset^[3]

No.	Nama Peralatan	Kode	Keterangan
1	Tangki Simulator Teras Reaktor	T-101	<ul style="list-style-type: none"> • Stainless Steel 304 • Tebal plat 3 mm • Volume air pendingin primer 0,862 m³ • Isolator silica board 50 mm • Jaket luar plat aluminium 0,2 mm
2	Heater simulasi teras reaktor	HT-101	<ul style="list-style-type: none"> • Daya 1 kW • Tipe <i>submersible</i>
3	Tangki <i>delay Chamber</i>	T-102	<ul style="list-style-type: none"> • Stainless Steel 304 • Tebal plat 3 mm • Volume air 0,009 m³ • <i>Delay time</i> 50 detik
4	Valve isolasi tipe <i>Butterfly flaps</i>	V-101A, V-101B V-102A, V-102B	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada sisi outlet pendingin primer •Digerakkan dengan <i>reduction gear motor</i> • Dapat digerakkan secara manual

5	<i>Selenoit Valve</i>	V-103A, V-103B, V-103C	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada sisi isap pompa primer • Tipe selenoit valve • Digerakkan dengan cara elektrik
6	Pompa pendingin primer	P-101A, P-101B, P-101C	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan baja karbon dan baja tahan karat dan dari jenis bahan polimer
7	<i>Selenoid Valve</i>	V-104A, V-104B, V-104C	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada sisi tekan pompa primer • Digerakkan dengan cara elektrik • Tipe <i>selenoid valve</i>
8	<i>Selenoid Valve</i>	V-105A, V-105B,	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada sisi tekan pompa primer • Digerakkan dengan cara elektrik • Tipe <i>selenoid valve</i>
9	<i>Heat Exchanger</i>	E-101A, E-101B	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang secara <i>vertical</i> • <i>Tip shell & tube</i> • Bahan baja tahan karat (SS.304)
10	<i>Check valve</i>	V-105B	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada tangki simulasi T-101
11	<i>Gate valve</i>	V-106	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada tangki simulasi T-101 • <i>Valve drainage</i>
12	<i>Gate valve</i>	V-107	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada sisi inlet pendingin primer • <i>Valve drainage</i>
13	Pompa pendingin sekunder	P-201A, P-201B, P-201C	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan baja karbon dan baja tahan karat dan dari jenis bahan polimer
14	<i>Cooling tower</i>	CT-201A, CT-201B	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan Polimer, baja karbon dan galvanis
15	Bak penampung air pendingin	B-201	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan baja tahan karat
16	<i>Selenoid Valve</i>	V-201A, V-201B, V-202A, V-202B, V-202C	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang setelah bak penampung air Pendingin B-2001 • Digerakkan dengan cara elektrik • Tipe <i>solenoid valve</i>
17	<i>Selenoid Valve</i>	V-203A, V-203B, V-203C, V-204A, V-204B,	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada sisi tekan pompa sekunder • Digerakkan dengan cara elektrik • Tipe <i>selenoid valve</i>
18	<i>Valve isolasi tipe Buterfly flaps</i>	V-205A/B. V-206A/B	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada sisi <i>inlet</i> Dan <i>outlet</i> pendingin sekunder E-101A • Digerakkan dengan <i>reduction gear motor</i> • Dapat digerakkan secara manual
19	<i>Blowdown Valve</i>	V-207A, V-207B	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang setelah HE/E-101A sebelum masuk menara pendingin • <i>Selenoid valve</i> • Operasi secara otomatis

20	Pompa <i>make-up water</i>	P-202	<ul style="list-style-type: none"> •Dipasang pada sisi atas bak penampung Air Pendingin B-2001 •Bekerja secara otomatis berdasarkan level air pendingin
21	<i>Dossing pump</i> (untuk pompa asam sulfat)	P-203	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada sisi atas bak penampung air Pendingin B-2001 •Bekerja secara otomatis berdasarkan kontrol pH • Kapasitas 0 s/d 10 liter/jam
22	<i>Dossing pump</i> (untuk pompa NALCO 23226)	P-204A. P-204B	<ul style="list-style-type: none"> •Dipasang pada sisi isap pompa •Bekerja secara otomatis • Kapasitas 0 s/d 10 liter/jam
23	<i>Dossing pump</i> (untuk pompa larutan sodium hipoklorit)	P-205A. P-205B	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada sisi isap pompa •Bekerja secara otomatis • Kapasitas 0 s/d 20 liter/jam

Instrumentasi sistem primer dilengkapi dengan *level indikator* air kolam reaktor, sensor *ultrasonic* dipasang dalam kolam reaktor. *Level indikator* air kolam reaktor jenis sensor *kapasitif*, dan temperatur *indikator* dengan *termometer resistansi* dipasang di bagian atas dan bawah kolam reaktor dengan batas ukur 0 -70°C. *Indikator* tekanan dipasang pada sisi isap dan tekan pompa primer maupun sekunder. *Instrumentasi sistem primer dan sekunder* dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3 berikut ini

Tabel 2. Instrumentasi Sistem Primer ^[3]

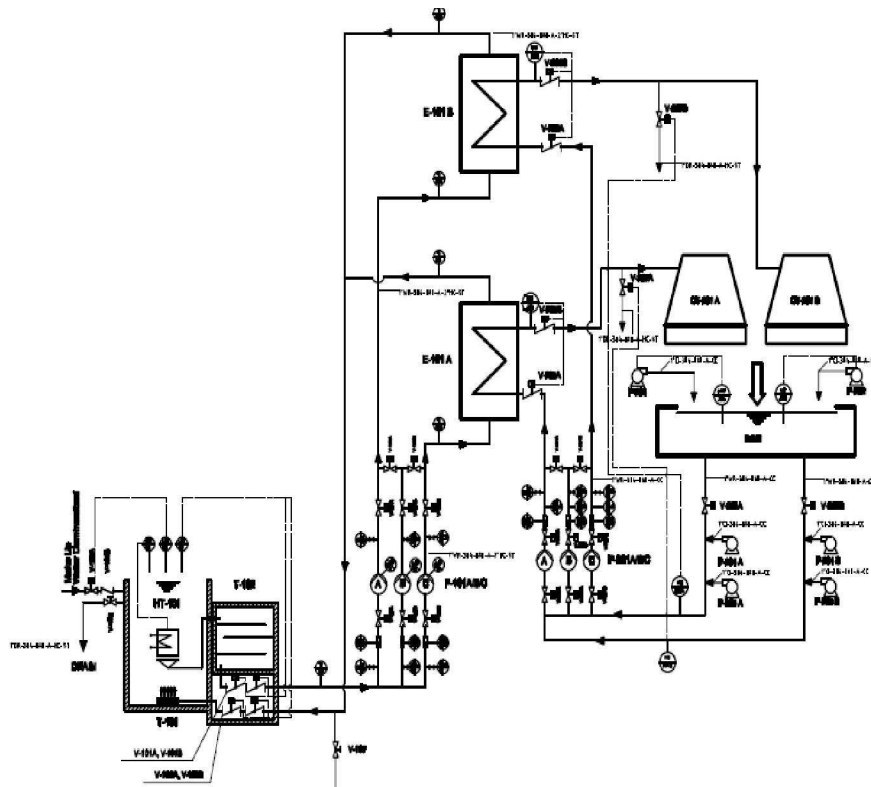
No.	Instrumentasi	Kode	Keterangan
1	<i>Level Indikator</i> air kolam reaktor	LIC-105	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor <i>Kapasitif</i> • Dipasang di dalam kolam • Jangkauan pengukuran 0 s/d 3 m • Mengukur <i>level</i> air kolam reaktor dan memicu sistem pemasok air bebas mineral / <i>demineralized water</i> untuk mengisi kolam reaktor dengan membuka <i>valve</i> V-105A
2	<i>Level Indikator</i> air kolam reaktor	LIC-101, LIC-102	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor <i>ultrasonic</i> • Dipasang di dalam kolam • Jangkauan pengukuran 0 s/d 3 m • Mengukur level air selama pengisian, Pengosongan dan level air selama beroperasi • Memicu penutupan V-101A/B dan V-102A/B, jika level air turun sampai di bawah batas minimum
3	Temperatur <i>Indikator</i>	TIC-101	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Termometer resistansi</i> • Dipasang dibagian atas dan dibagian bawah kolam reaktor • Jangkauan ukur 0 s/d 70 °C • Mematikan dan menghidupkan

			<i>Heater</i> HT-101
4	<i>Indikator Tekanan</i>	PI-101A, PI-101B, PI-101C	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada sisi isap tiap pompa <i>primer</i>
5	<i>Arifice Standart</i>	FIR-101A, FIR-101B, FIR-101C	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada cabang sisi isap tiap pompa • Jangkauan pengukuran 0 s/d 3 m³/jam • Mengukur aliran tiap pompa secara kontinyu dalam bentuk <i>analog, recorder, dan alarm</i>
6	Indikator kecepatan pompa (<i>speed indicator</i>)	SI-101A, SI-101B, SI-101C	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk mengamati kecepatan putaran pompa selama <i>start</i>, operasi normal dan <i>coast down</i>
7	<i>Termperatur Indikator</i>	TI-101, TI-1012, TI-103, TI-104	<ul style="list-style-type: none"> • Termokopel <i>resistansi</i> • Dipasang pada sisi inlet dan outlet tiap penukar Panas • Jangkauan ukur 0 s/d 60 °C • Indikator suhu pada sisi <i>outlet</i> penukar panas dilengkapi dengan <i>recorder</i> dan <i>alarm</i> yang mengisyaratkan pengambilan panas oleh sisi sekunder dalam penukar panas

Tabel 3 .Instrumentasi Sistem Sekunder^[3]

No.	Instrumentasi	Kode	Keterangan
1	<i>Indikator</i> aliran air pendingin	FIR-201A, FIR-201B, FIR-201C	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada pipa tekan Setelah pompa • Diukur secara <i>kontinyu</i>
2	<i>Indikator</i> tekanan air pendingin	PI-201A, PI-201B, PI-201C	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada pipa tekan setelah pompa • Diukur secara <i>kontinyu</i>
3	Temperatur indikator air pendingin	TI-201A, TI-202B, TI-201C	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada pipa tekan setelah pompa • Diukur secara <i>kontinyu</i> • Jangkauan ukur 0 s/d 70 °C
4	<i>Indikator radioaktivitas γ (gama)</i>	RIC-205, RIC-206	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada pipa aliran balik dari masing-masing penukar panas E-101A • <i>Radioaktivitas $\gamma = 5 \times 10^{-6}$ Ci/m³</i> katup isolasi menutup secara otomatis • Dllengkapi indicator alarm dan recorder
5	<i>Level indicator</i>	LIC-202	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada bak air pendingin sekunder B-201 • Menggerakkan pompa <i>make-up water</i>

Berikut adalah gambar diagram alir instrumentasi dan pemipaan .



Gambar 2. Gambar diagram alir instrumentasi dan pemipaan yang merupakan keluaran dari produk rancangan sistem untai uji kendali reaktor riset daya 1 kW.

5. KESIMPULAN

Dari makalah tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dihasilkan gambar diagram aliran instrumentasi dan pemipaan
2. Dihasilkan gambar tata letak peralatan seperti : teras reaktor, pompa primer, pompa sekunder, penukar panas, tower pendingin air dan bak penampung air.
3. Dihasilkan gambar routing pipa dan katup – katup pengendalian.
4. Dihasilkan tata letak untuk penempatan sistem kontrol dan instrumentasinya

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anonim, 2008, *Sistem Pendingin Utama Reaktor*, DOKUMEN RSG.KK.03.04.63.08, Document no. 03.04.63.08, halaman VI-2, PRSG, Tangerang.
- [2]. Adi Abdilah, 2012, *Piping Instrumentasi Diagram*, Sumber : www.yahoo.com, diunduh 14 September 2012.
- [3]. Suwardiyono, Awaludin.M, Juni 2011, *Laporan Teknis Devisi Proses Rancang Bangun Untai Uji Kendali Reaktor Riset*, PIPKPP, PRPN, Tangerang.
- [4]. ASME, 1998, *ASME Code for Pressure Piping .B31 an American National Standard (ASME B31.1b-2000 Addenda to ASME B31.1-1998 Power Piping)*, ASME, New York.